

## اثر کمبود آب روی عملکرد دانه ذرت و تعیین تابع تولید آن

محمد افلاطونی

استادیار گروه آبیاری دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان

تاریخ وصول یازدهم مردادماه ۱۳۶۸

### چکیده

به منظور بررسی واکنش ذرت دانه‌ای در برابر کمبود آب در خاک، در سال ۱۹۷۷ آزمایشی روی یک خاک شنی - لومی در منطقه اوکس<sup>۱</sup>، ایالت داکوتای شمالی آمریکا انجام شد. در این آزمایش ۸ تیمار آبیاری در سه تکرار یکبار رفت. در این تیمارها بطور کلی تنش‌های ملایم، متوسط و شدید در مراحل مختلف رویشی، زایشی و دانه بندی اعمال گردید و عملکرد نهائی دانه اندازه گیری شد. به منظور محاسبه کمبود رطوبت ناحیه ریشه، پارامترهای آب و هوایی و ضریب گیاهی ذرت در تمام فصل رشد مورد استفاده قرار گرفت.

رابطه عملکرد نسبی و تبخیر و تعرق نسبی (تابع تولید) در مرحله ۱۲ برگی تا دانه بندی و در کل فصل رشد بدست آمد. بطور خلاصه در این آزمایش نتایج زیر حاصل گردید:

الف - ۱۰ درصد کاهش تبخیر و تعرق واقعی در دوره کاشت تا ۱۲ برگی فقط ۶ درصد عملکرد نهائی را کاهش داد در حالیکه همین مقدار کاهش در تبخیر و تعرق واقعی در مرحله ۱۲ برگی تا دانه بندی باعث ۲۷ درصد کاهش در عملکرد نهائی شد.

ب - کمبود رطوبت معادل ۸۰ تا ۹۰ درصد (تیمار  $T_5$ )، در دوره رویشی نسبت به مراحل دیگر هر بازده تریپلن (۳/۴۳ کیلوگرم بر متر مکعب آب) تیمار آبیاری بود.

ج - با توجه به تابع تولید بدست آمده، بازاء یک درصد کاهش تبخیر و تعرق واقعی در دوره رویشی، ۱/۶ درصد کاهش عملکرد مشاهده شد. در حالیکه همین مقدار کاهش در تبخیر و تعرق واقعی در دوره ۱۲ برگی تا دانه بندی، ۳ درصد کاهش عملکرد نهائی به دنبال داشت.

### مقدمه

برای دست یابی به بازده اقتصادی بیشتر، کشاورزان با روشهای مختلف می‌توانند با سیر صعودی هزینه‌های انرژی مقابله کنند. یکی از این روشها بهبود برنامه ریزی<sup>۲</sup> و مدیریت آبیاری می‌باشد که در آن استفاده از تکنیک‌های پیشرفته مدنظر است. در این

افزایش ناگهانی هزینه انرژی موجب افزایش روزافزون هزینه تامین آب در کشت آبی مناطق خشک و نیمه خشک خواهد شد. این نکته بخصوص در رابطه با سیستمهای آبیاری پایه مرکزی<sup>۳</sup> اهمیت بیشتری دارد.

رابطه معیارهای مختلفی برای تعیین زمان آبیاری ارائه شده است ولی هنوز بهبود این معیارها لازم به نظر می‌رسد. ایجاد تنش در مرحله‌ای از رشد گیاه بدون کاهش زیاد عملکرد از نقطه نظر صرفه جوئی در آب آبیاری برای مناطق خشک و نیمه خشک مورد توجه عده‌ای از محققین بوده است (۱، ۴ و ۱۴).

منابع علمی مربوط به اثر کمبود آب روی رشد گیاهان از نقطه نظر فیزیولوژیکی و مرفولوژیکی بسیار غنی است (۷). در رابطه با عملکرد ذرت دانسه‌ای، محققین مختلف متفق القول هستند که دوره گرده‌افشانی حساسترین مرحله نسبت به کمبود آب می‌باشد (۲، ۴، ۶، ۱۲ و ۱۴). در شرایط لایسیمتر کمبود رطوبت در دوره گلدهی ذرت دانسه‌ای، حدود ۵۱ درصد عملکرد در کاهش داده‌است، در حالیکه در اوائل دوره رشد فقط ۲۵ درصد کاهش عملکرد داشته‌است (۴). همچنین تاخیر آبیاری به مدت ۲۰ روز در دوره دانه بندی حدود ۴۷ درصد کاهش محصول در برداشته در حالیکه همیـن تاخیر در دوره رویشی کاهش عملکرد نهائی به دنبال نداشت (۶). البته واریته‌های مختلف ذرت در مرحله معینی از رشد که در معرض کمبود آب قرار می‌گیرند، ممکن است کاهش عملکرد مختلفی داشته باشند (۲). برای برنامه ریزی بهتر در جهت صرفه جوئی در آب آبیاری می‌توان از مفهوم تابع تولید<sup>۱</sup> که عملکرد نسبی را به تبخیر و تعرق نسبی ارتباط می‌دهد استفاده کرد<sup>۲</sup>. این تابع را می‌توان به عنوان معیاری در زمان بندی آبیاری با در نظر گرفتن کاهش قابل تحمل عملکرد نهائی

بکار گرفت. در واقع تابع تولید بستگی به واریته، نوع خاک، زمان کاشت، تراکم گیاه، فاصله ردیفها، حاصلخیزی خاک و عملیات زراعی مختلف دارد (۱۵). این تابع برای چند گیاه از جمله ذرت خوشه‌ای و یونجه ارائه شده‌است که نمودارهای حاصله برای گیاهان مذکور از خطی تا غیرخطی متغیر می‌باشد (۱۵).

هدف از این آزمایش تعیین واکنش عملکرد ذرت دانسه‌ای نسبت به کمبود آب در مراحل عمده رشد و تعیین تابع تولید این گیاه به منظور برنامه ریزی بهتر آبیاری می‌باشد.

### مواد و روشها

آزمایش در منطقه‌ای در ایالت داکوتای شمالی با عرض جغرافیائی ۳۰ درجه و طول جغرافیائی ۵۷ درجه انجام گرفت. فصل کشت و کار در این منطقه حدود ۴ ماه از سال می‌باشد که بطور متوسط میزان بارندگی برای چهار ماه حدود ۱۵۰ میلیمتر و متوسط درجه حرارت حدود ۳۲ درجه سانتیگراد می‌باشد. رطوبت نسبی بطور متوسط ۷۵ درصد که بطور کلی این منطقه از نظر اقلیمی جزء مناطق نیمه خشک محسوب می‌شود. خاک مزرعه از نوع شنی لومی و آزمایش در قالب طرح بلوکهای تصادفی با هشت تیمار آبیاری ( $T_1$  تا  $T_8$ ) و ۳ تکرار صورت گرفت. واریته ذرت مورد استفاده در این آزمایش سوکوتا<sup>۳</sup> بود که در تاریخ چهارم ماه مه کاشته شد. ابعاد هر پلات ۱۲ × ۶ متر مربع و شامل ۸ ردیف به فاصله ۷۶/۲ سانتیمتر بود. فاصله بین پلاتها حدود

#### 1- Production Function

۲- منظور از عملکرد نسبی  $Y/Y_m$ ، عملکرد واقعی نسبت به عملکرد ماکزیمم است. همچنین تبخیر و تعرق نسبی، عبارتست از تبخیر و تعرق واقعی نسبت به تبخیر و تعرق ماکزیمم برای تبخیر و تعرق ماکزیمم در نظر گرفته می‌شود.

#### 3- Sokota 42-TC



يك متر بود که كاملاً " متراکم گردید تا از نفوذ جانبی آب جلوگیری کند. برای اندازه گیری رطوبت خاک از دستگاه نوترون متر استفاده شد که بدین منظور يك لوله پلاستیکی به عمق ۱۲۲ سانتیمتر و به قطر ۵ سانتیمتر در وسط هرپلات نصب شد. رطوبت خاک در عمق ۱۵ سانتیمتری و پس از آن به ترتیب در عمقهای ۳۰ سانتیمتری تا عمق ۱۲۲ سانتیمتر قبل و بعد از آبیاری اندازه گیری شد. ظرفیت زراعی ۴۸ ساعت بعد از يك آبیاری کافی قبلاً بدست آمده بود. عمق آب قابل استفاده (برابر ۱۱/۲ سانتیمتر تا عمق ۱۲۲ سانتیمتری) از رابطه زیر محاسبه شد.

$$SWD_0 = \sum_{i=1}^n (\theta_{fc} - \theta_{wp})_i H_i \quad (1)$$

که در آن n تعداد لایه های خاک به عمق H،  $\theta_{fc}$  و  $\theta_{wp}$  به ترتیب درصد حجمی رطوبت در نقطه ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم می باشد. محاسبه کمبود رطوبت خاک SWD از روی بیلان رطوبتی ناحیه ریشه و با کمک مدل کامپیوتری جنسن<sup>۱</sup> (۹) و برنامه ریزی آبیاری بر اساس مدل کامپیوتری استگمن و همکاران (۱۳) انجام شد. بطور خلاصه SWD از رابطه زیر محاسبه شد:

$$SWD = \sum_{i=1}^N (ET - RE - I + WD)_i \quad (2)$$

که در آن ET، تبخیر و تعرق واقعی (۹)، RE باران موثر، I عمق آب آبیاری و WD عمق آب زهکشی از کف ناحیه ریشه یا عمق آب موئینه ای، N تعداد روز پس از آبیاری می باشد. چون سطح ایستابی بسیار عمیق و مقدار آب آبیاری تا حدی که ناحیه ریشه به ظرفیت زراعی برسد، محاسبه شد، WD برابر صفر فرض شد. مقدار آب آبیاری با کمک نسبت  $SWD/E$  محاسبه شد که در آن E راندمان آبیاری به صورت بارانی روی هرپلات با کمک يك دستگاه الکتریکی متحرك که به همین منظور ساخته شده بود

(۱) انجام شده راندمان آبیاری برابر ۹۵ درصد بود. فصل رشد ذرت به سه مرحله عمده شامل کاشت تا ۱۲ برگی (۱۲L - P)، ۱۲ برگی تا دانه بندی (۱۲L - BK) و دانه بندی تا رسیدگی فیزیولوژیکی (BK - PM) تقسیم شد. تنش های ملایم، متوسط و شدید در فصل رشد ذرت در مراحل مختلف رشد طبق شکل توزیع شد. برای مثال در تیمار  $T_p$ ، وقتی که کمبود رطوبت به ۸۰ تا ۹۰ درصد (معادل پتانسیل آب برگ برابر ۱۶- تا ۱۸- بار) می رسید آبیاری انجام می شد و بقیه مراحل مطابق تیمار شاهد (یعنی ۳۰ درصد تخلیه کل) بود. پتانسیل آب برگ بوسیله دستگاه بمب فشاری اندازه گیری شد. در تیمار  $T_p$ ، وقتی که فشار آوندهای برگ به ۱۲- تا ۱۴- بار می رسید آبیاری به عمل می آمد. این تیمار معادل ۵۰ تا ۶۵ درصد تخلیه می باشد. حواشی مزرعه به عنوان بافر در نظر گرفته شد. برای کنترل علف هرز قبل از کشت از علف کش بلادوکس و لاسو<sup>۲</sup> استفاده شد و در طول فصل رشد علفهای هرز با دست وجین شدند. گیاهان پس از استقرار تا تراکم ۶۱۷۵۰ بوته در هکتار تنک شدند. کودهای شیمیائی مصرف شده شامل ۳۳۸ کیلوگرم در هکتار کود نیترات آمونیم، ۱۱۱ کیلوگرم در هکتار کود فسفر و ۱۲۲ کیلوگرم در هکتار کود پتاس بود. از کود نیترات آمونیم، مقدار ۱۷۷ کیلوگرم در هکتار به صورت سرك و ۱۶۱ کیلوگرم در هکتار در دوم ژوئن (دوره شش برگی) به خاک اضافه شد.

برای اندازه گیری عملکرد نهائی، از دو ردیف میانی هرپلات به طول ۹ متر استفاده شد. ضریب گیاهی از منحنی مربوط به ذرت که برای منطقه قبلاً بدست آمده بود (۱) در محاسبه تبخیر و تعرق واقعی ET استفاده شد. تبخیر و تعرق واقعی نیز بر اساس روش جنسن و

همکاران (۱۰) و تبخیر و تعرق بالقوه  $ET_m$  بسا روش جنسن و هیز (۸) محاسبه شد.

بطور متوسط ۳/۴۳ سانتیمتر کمبود آب (معادل ۳۰ درصد کل کمبود) را نشان می‌دهد. شکل ۳ نشان می‌دهد که کمبود رطوبت خاک در تیمار  $T_4$  مطابق طرح، بین صفر در مرحله ۱۲ برگی (روز ۵۱) تا تخلیه کامل رطوبت قابل استفاده در مرحله دانه بندی (روز ۸۵) بود. برای برطرف کردن این کمبود روز ۸۷ آبیاری انجام گرفت. بین روزهای ۹۲ و ۱۰۲ دو آبیاری و یک بارندگی، کمبود رطوبت را تقریباً به صفر یعنی نزدیک ظرفیت مزرعه رساند.

جدول ۱ عملکرد نهائی ذرت  $Y$ ، عمق آب آبیاری  $iRR$  و تبخیر و تعرق واقعی در طول فصل رشد  $ET$  را نشان می‌دهد. همچنین در این جدول نسبت  $ET/ET_m$  و  $Y/Y_m$  نشان داده شده است. نسبت عملکرد به حجم آب آبیاری در فصل رشد  $Y/iRR$  به عنوان بازده آب

### نتایج و بحث

محاسبه و اندازه گیری کمبود رطوبت خاک  $SWD$  در طول فصل رشد برای تیمارهای  $T_1$  و  $T_4$  به عنوان نمونه به ترتیب در شکل های ۲ و ۳ نشان داده شده است. همانطور که این شکل ها نشان می‌دهند، هنگام سبز شدن بذور،  $SWD$  اولیه بین ۴ تا ۶ سانتیمتر بود. بطور کلی افزایش  $ET$  باعث افزایش و بارندگی و آبیاری باعث کاهش  $SWD$  گردید، به زبان دیگر نوسانات  $SWD$  نسبت به زمان ناشی از عوامل مذکور است. شکل ۲ نشان می‌دهد که در طول فصل رشد، بجز موارد استثنائی، تیمار  $T_1$

جدول ۱- خلاصه عملکرد نهائی و اطلاعات مربوط به آبیاری ذرت دانه‌ای در تیمارهای مختلف آبیاری، ایستگاه تحقیقات آبیاری، منطقه اوکس.

تیمار	$iRR$ بیاری cm	فصلی $Et$ m	$ET/ET_m$ **	عملکرد* دانه Kg/Ha	$Y/Y_m$	$Y/iRR$ Kg/m <sup>3</sup>	$Y/iRR+RE$ Kg/m <sup>3</sup>
$T_2$	۸/۹	۳۸/۶	۰/۷۳	۲۰۷۶/۷ d	۰/۱۸	۲/۲۳	۰/۷۵۵
$T_4$	۲۶/۷	۴۶/۵	۰/۸۸	۶۹۵۴/۴ c	۰/۶۰	۲/۶	۱/۵۲
$T_7$	۲۸/۶	۵۰/۵	۰/۹۶	۸۴۹۵/۱ b	۰/۷۴	۲/۹۷	۱/۷۸
$T_5$	۳۱/۱	۵۰/۵	۰/۹۵	۱۰۶۵۹/۶ a	۰/۹۲	۳/۴۳	۲/۱۲
$T_6$	۳۴/۹	۵۲/۶	۱/۰	۱۰۸۶۰/۴ a	۰/۹۴	۳/۱۱	۲/۰۱
$T_3$	۳۶/۸	۵۲/۳	۰/۹۹	۱۰۹۲۹/۴ a	۰/۹۵	۲/۹۷	۱/۹۵
$T_8$	۳۸/۱	۵۱/۳	۰/۹۸	۱۱۰۹۲/۵ a	۰/۹۶	۲/۹۱	۱/۹۴
$T_1$	۴۳/۲	۵۲/۶	۱/۰	۱۱۵۵۶/۷ a	۱/۰	۲/۶۷	۱/۸۵

\* :  $LSD = ۰/۰۵$  برابر ۱۳۷۴ کیلوگرم در هکتار، عملکردهائی که با حروف مشابه نشان داده شده اند در سطح ۵ درصد معنی دار نمی‌باشند.

\*\* : مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل برای فصل رشد برابر ۵۲/۶ سانتیمتر و میزان بارندگی برابر ۱۹ سانتیمتر می‌باشد.



T <sub>1</sub>	۳۰%	۳۰%	۳۰%
T <sub>2</sub>	بدون آبیاری	بدون آبیاری	بدون آبیاری
T <sub>3</sub>	تنش متوسط xP و ۱۲-۱۴ بار	تنش متوسط xP و ۱۲-۱۴ بار	تنش متوسط xP و ۱۲-۱۴ بار
T <sub>4</sub>	۳۰%	۸۰-۹۰% xP و ۱۶-۱۸ بار	۳۰%
T <sub>5</sub>	۸۰-۹۰% xP و ۱۶-۱۸ بار	۳۰%	۳۰%
T <sub>6</sub>	۶۰% xP و ۱۲-۱۴ بار	۳۰%	۳۰%
T <sub>7</sub>	۳۰%	۶۵-۷۵% xP و ۱۴-۱۵ بار	۳۰%
T <sub>8</sub>	۳۰%	۳۰%	۱۰۰% تخلیه نارسیدگی فیزیولوژیکی
P = کاشت E = سبز شدن L = دوازده برگی xP = فشار اوندی		BK = دانه بندی BL = لایه سیاه % = درصد تخلیه آب قابل استفاده	

۱۰ ۲۰ ۳۰ ۴۰ ۵۰ ۶۰ ۷۰ ۸۰ ۹۰ ۱۰۰ ۱۱۰ ۱۲۰ ۱۳۰ ۱۴۰ ۱۵۰

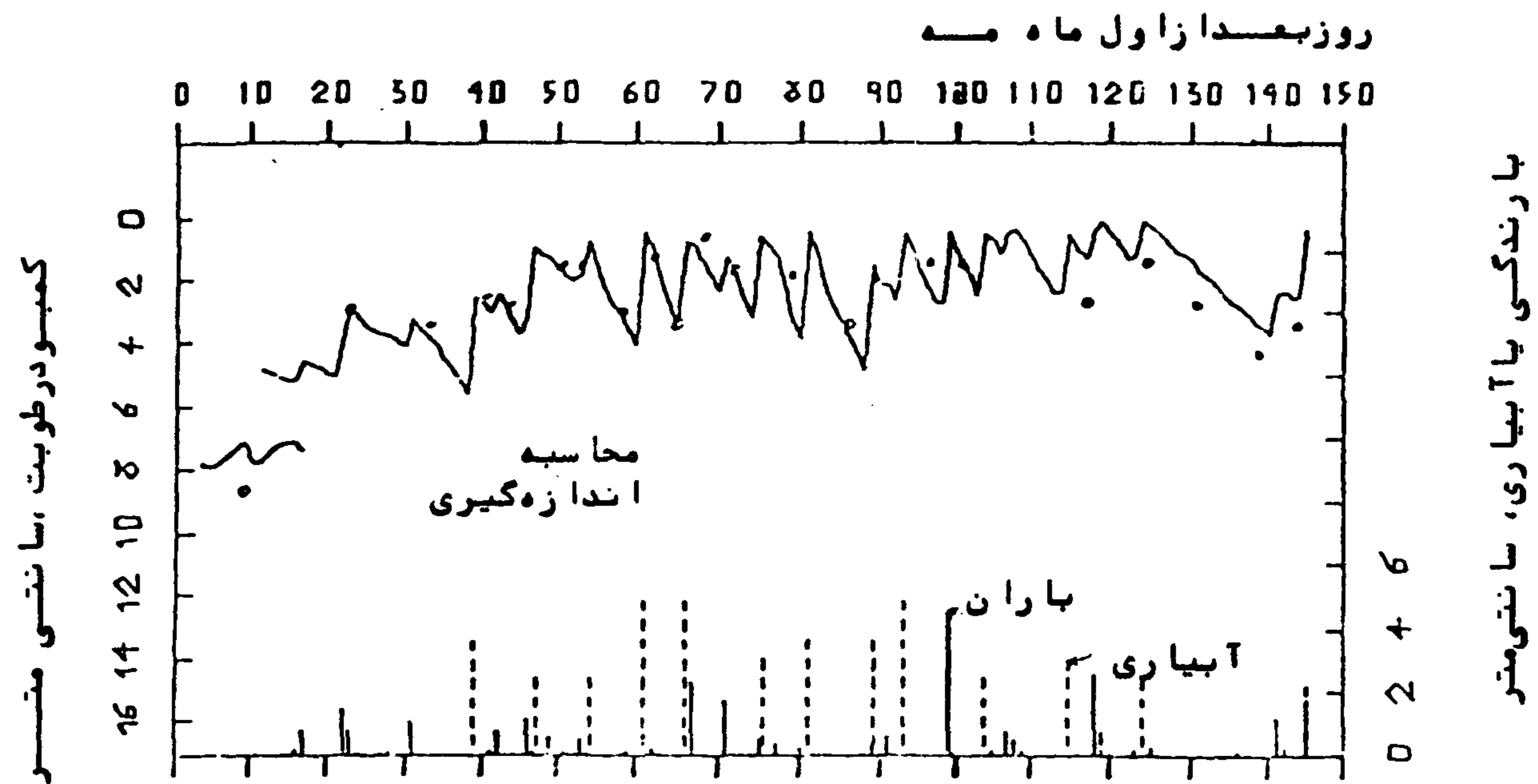
تعداد دروز بعد از کاشت

شکل ۱- تیمارهای آبیاری در مراحل مختلف فصل رشد نرت دانه‌ای در ایستگاه

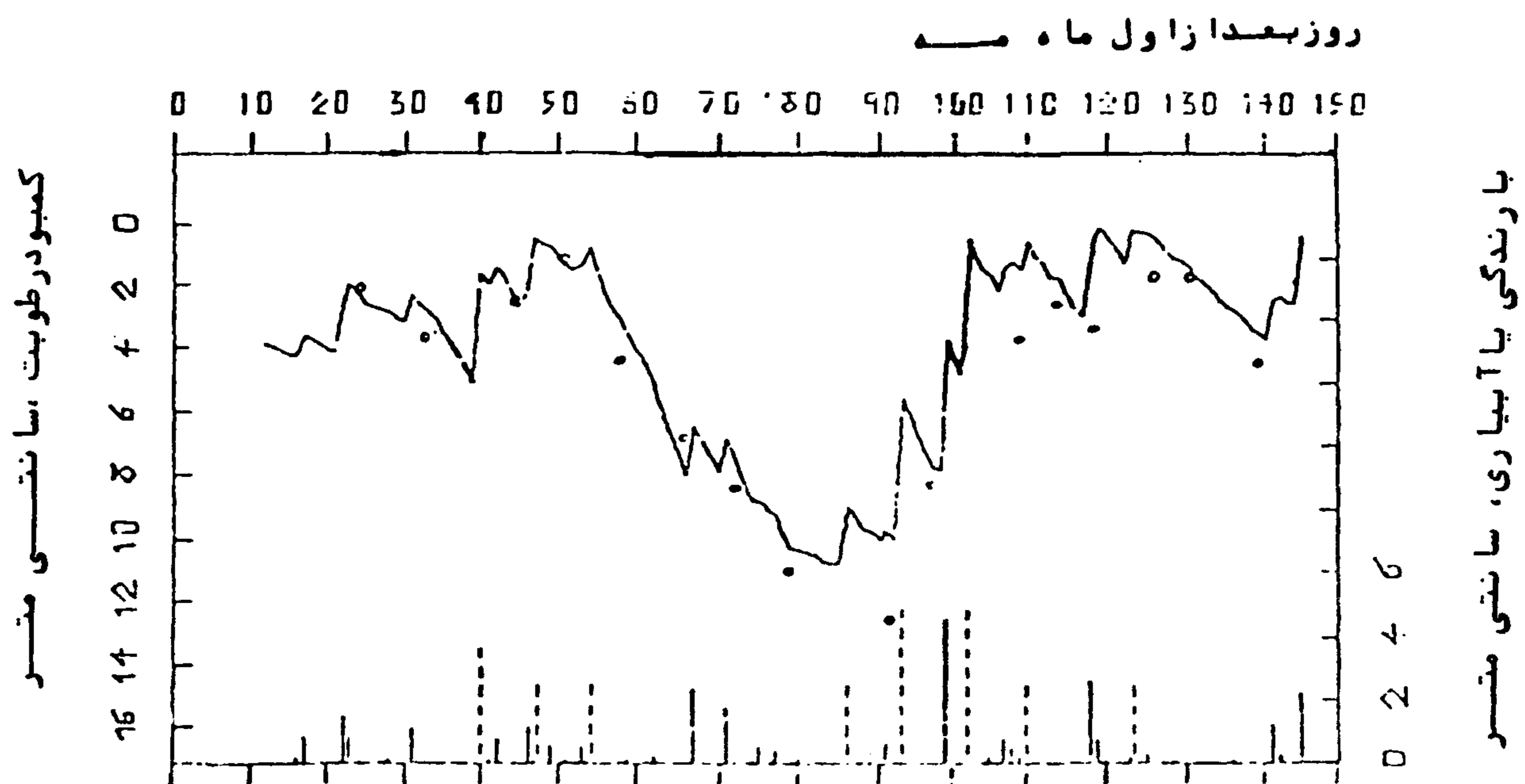
عملکرد نهائی برای تیمارهای T<sub>۲</sub>، T<sub>۴</sub> و T<sub>۷</sub> از نظر آماری نسبت به هم و نسبت به T<sub>۱</sub> تا T<sub>۳</sub> معنی دار می‌باشند. در حالیکه تیمارهای T<sub>۱</sub>، T<sub>۸</sub>، T<sub>۶</sub>، T<sub>۵</sub> و T<sub>۳</sub> با هم اختلاف معنی دار ندارند، ولی روند واکنش عملکرد در تیمارهای مذکور هماهنگی داشت بطوری که مثلاً تیمار T<sub>۶</sub> عملکرد بیشتری نسبت به T<sub>۵</sub> نشان داد. لازم به یادآوری است که تیمار T<sub>۵</sub> نسبت به تیمار T<sub>۶</sub> در مرحله کشت تا دوازده برگی (P-۱۲L) تنش شدیدتری داشت (شکل ۱). همچنین روند تغییرات عملکرد نهائی با مقدار آب آبیاری هماهنگی دارد.

زیاد بودن LSD ممکن است ناشی از تغییرات

مصرفی آبیاری در این جدول نشان داده شده است. عمق آب آبیاری در طول فصل رشد بین ۸/۹ (تیمار T<sub>۲</sub>) تا ۴۳/۲ (تیمار T<sub>۱</sub>) سانتیمتر بود. حداکثر و حداقل عملکرد نهائی به ترتیب برای تیمارهای T<sub>۱</sub> و T<sub>۲</sub> بین ۱۱۵۵۶/۷ و ۲۰۷۶/۶ کیلوگرم در هکتار بود. لازم به تذکر است که تیمار T<sub>۲</sub> که اصطلاحاً "در شکل ۱ بدون آبیاری" تعریف شده بود، در آخر دوره رشد سه بار آبیاری شد تا گیاه از بین نرود. آنالیز واریانس نشان داد که LSD ۰/۰۵ برابر ۱۳۷۴/۵ کیلوگرم در هکتار بود و با توجه به جدول ۱، تیمارهای T<sub>۱</sub>، T<sub>۸</sub>، T<sub>۶</sub>، T<sub>۵</sub> و T<sub>۲</sub> از نقطه نظر آماری نسبت به هم معنی دار نمی‌باشند.



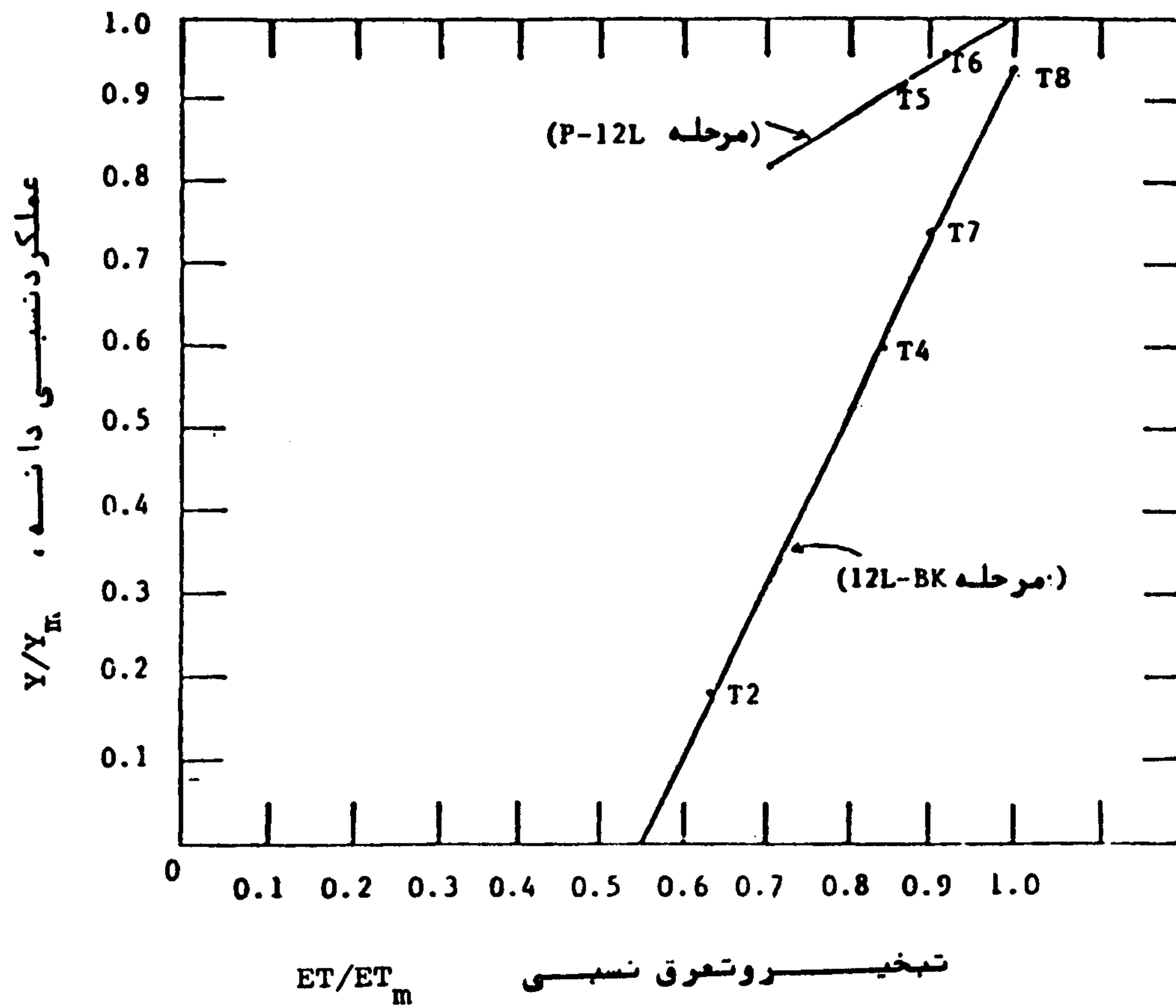
شکل ۲- اندازه گیری و محاسبه تغییرات فصلی کمبود رطوبت در ناحیه ریشه برای تیمار  $T_1$  • ایستگاه تحقیقاتی آبیاری، منطقه اوکس.



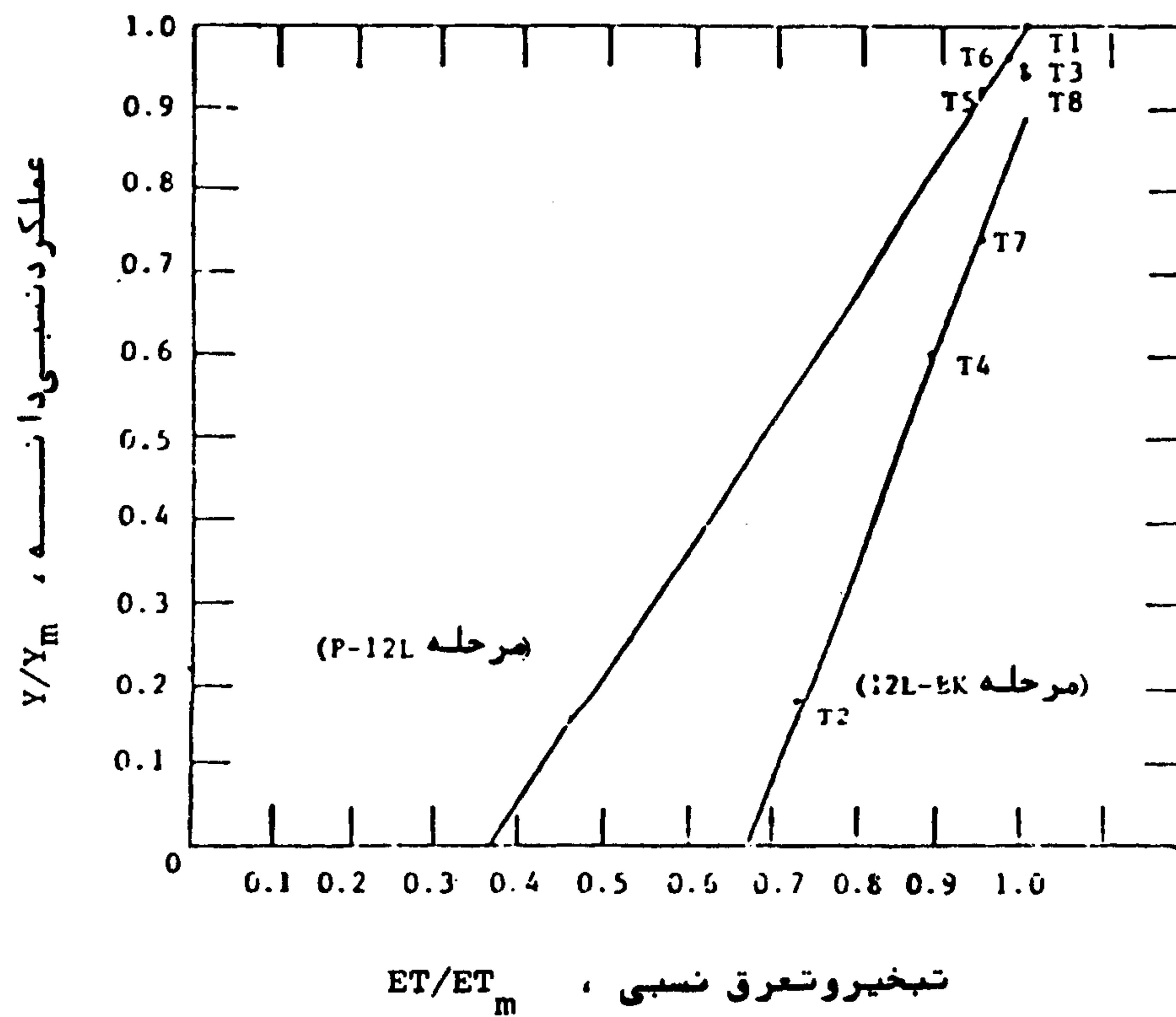
شکل ۳- اندازه گیری و محاسبه تغییرات فصلی کمبود رطوبت در ناحیه ریشه برای تیمار  $T_4$  • ایستگاه تحقیقاتی آبیاری، منطقه اوکس.

که از تیمار  $T_5$  بدست آمد •  
 رابطه بین عملکرد نسبی دانه ذرت و تبخیر و تعرق  
 نسبی در مراحل مختلف دوره رشد در تمام دوره رشد به-  
 ترتیب در شکل های ۴ و ۵ به عنوان توابع تولید نشان  
 داده شده است • شکل ۴ نشان می دهد که  $Y/Y_m$  برای  
 تیمارهای  $T_1$ ،  $T_5$  و  $T_6$  نسبت به  $ET/ET_m$  در مرحله  
 کشت تا ۱۲ برگی (P-۱۲L) به ترتیب روی یک خط  
 مستقیم قرار می گیرند • همچنین تیمارهای  $T_3$ ،  $T_4$ ،  
 $T_7$  و  $T_8$  برای مرحله ۱۲ برگی تا تشکیل دانه

گنجایش رطوبتی خاک در مزرعه باشد (۱) و احتمال  
 می رود که طرح تصادفی کاملاً این تغییرات را جبران  
 نکرده است • در بعضی از پلات های مزرعه قبل از اینکه  
 تنش داده شود، تغییرات رشد در اوائل، دوره رویش  
 مشاهده شده بود • گرچه هنگام استقرار دقت کافی به-  
 عمل آمد تا گیاه تنک گردد، ولی هنگام برداشت، تراکم  
 ذرت تغییرات بیشتری نسبت به آنچه که انتظار می رفت  
 داشت • از نقطه نظر بازده آب مصرفی، حداکثر نسبت  
 $Y/iRR$  برابر ۳/۴۳ کیلوگرم بر متر مکعب آب بود



شکل ۴- رابطه بین عملکرد نسبی دانه ذرت و تبخیر و تعرق نسبی در مراحل مختلف دوره رشد در ایستگاه تحقیقات آبیاری منطقه اوکس.



شکل ۵- رابطه بین عملکرد نسبی دانه ذرت و تبخیر و تعرق نسبی در تمام دوره رشد در ایستگاه تحقیقات آبیاری منطقه اوکس.

تعرق در اوائل مرحله رویشی (P - ۱۲L) ممکن است فقط ۶ درصد عملکرد را کاهش دهد در حالی که همین مقدار کمبود ET در مرحله ۱۲ برگی تا دانه بندی (۱۲ L - BK) ممکن است عملکرد را ۲۷ درصد کاهش دهد. همچنین ۲۰ درصد کاهش تبخیر در مرحله

(BK - ۱۲ L) روی خط مستقیم دیگری که دارای شیب بیشتری است قرار می‌گیرد. تبخیر و تعرق نسبی برای تیمار T<sub>۸</sub> در مرحله BK - PM برابر واحد بود که محل رسم آن روی خط دوم قرار می‌گیرد. بطور خلاصه این شکل نشان می‌دهد که مثلاً " ۱۰ درصد کمبود تبخیر و



BK - ۱۲L ممکن است تقریباً ۵۰ درصد کاهش عملکرد به دنبال داشته باشد. جالب توجه اینکه تابع تولید برای مرحله BK-۱۲L گویای این حقیقت است که کاهش عملکرد به اندازه ۶ درصد بدون کاهش تبخیر و تعرق امکان پذیر است. تحقیقات دیگران نشان داده است که سرعت رشد گیاه قبل از کاهش تبخیر و تعرق واقعی در شرایط مساوی می تواند کاهش پیدا کند (۳، ۷ و ۱۱). طبق گزارش ریچی<sup>۱</sup> (۱۱) وقتی که رطوبت "قابل جذب"<sup>۲</sup> باقیمانده بیشتر از ۳۰٪ گردد، نسبت  $ET/ET_m$  تقریباً برابر واحد است. طبق همین گزارش اگر رطوبت "قابل جذب" کمتر از ۳۰ درصد باشد، تبخیر و تعرق واقعی شروع به کاهش می کند. همچنین قبل از اینکه کمبود رطوبت نزدیک ۳۰ درصد رطوبت قابل جذب برسد، فتوسنتز نسبی معمولاً کاهش نشان می دهد. در شکل ۴ اگر خط مستقیم مربوط به ۱۲L - P را امتداد دهیم محور  $Y/Y_m$  را در نقطه ۰/۴ قطع می کند که بدین ترتیب ۱۰۰ درصد کمبود ET در این مرحله رشد فقط ۶۰ درصد محصول را کاهش می دهد. در این شکل ET نسبی برای مراحل مختلف دوره رشد محاسبه گردیده است. شکل ۵ مشابه شکل ۴ می باشد، با این تفاوت که تبخیر و تعرق نسبی برای تمام دوره رشد ذرت محاسبه شده است. در شکل ۵، دو خط مستقیم برای تابع تولید بدست می آید. خط مستقیم با شیب کمتر (برای تیمارهای  $T_5, T_6, T_7$ ) محور  $ET/ET_m$  را در نقطه ۰/۲۷ قطع می کند که نماینده ۱/۶٪ کاهش عملکرد بازا، یک درصد کاهش تبخیر و تعرق است. این مقدار با ۱/۴۵٪

که توسط استوارت<sup>۳</sup> و همکاران (۱۴) گزارش شده قابل مقایسه است. خطی که تیمارهای  $T_3, T_4, T_7$  را بهم وصل میکند. محور  $ET/ET_m$  را در نقطه ۰/۶۷ قطع می کند که نماینده ۳ درصد کاهش عملکرد بازا، یک درصد کاهش ET می باشد. استوارت و همکاران (۱۴) در مرحله ۱۲ برگی تا دانه بندی مقدار ۰/۲۹٪ را گزارش نموده اند. در شکل ۵ نیز، در مرحله BK-۱۲L بدون اینکه ET داشته باشد، حدود ۱۰ درصد کاهش عملکرد مشاهده می گردد که این پدیده برای شکل ۴ توضیح داده شد.

البته کمبود تبخیر و تعرق از گیاه را می توان به کمبود رطوبت در خاک ارتباط داد (۵) و در طرح های آبیاری با در نظر گرفتن کمبود آب خاک، کمبود تبخیر و تعرق<sup>۴</sup> را محاسبه سپس با کمک تابع تولید میزان کاهش عملکرد را که احتمالاً برای مرحله معینی از رشد قابل تحمل است انتخاب کرد. بدین ترتیب در مناطقی خشک و نیمه خشک عملاً تابع تولید راهنمای مناسبی برای صرفه جویی در آب آبیاری می باشد. به عنوان مثال اگر بخواهیم تولید عملکرد ذرت حدود ۲۰ درصد عملکرد ماکزیمم کاهش داشته باشد، از نمودار تابع تولید، تبخیر و تعرق نسبی را محاسبه کرده و با کمک رابطه بین ET و کمبود رطوبت در خاک مقدار لازم آب آبیاری را می توان تعیین کرد. البته این مقدار آب آبیاری باید در مرحله ای از رشد گیاه داده شود که اساس محاسبه بوده است.

## REFERENCES:

- 1- Aflatouni, M. 1978. Corn response to water stress. M.S. thesis, North Dakota State Univ. 82p.



- 2- Barnes, D.L., & D.G. Wooloy. 1969. Effect of moisture stress at different stages of growth. I. Comparison of a single-eared and a two-eared corn hybrid. Iowa Agric. and Home Econom Exp. Sta. Journal Papers, No. J6140, Amer. Project. No. 1608.
- 3- Begg, J.E., & N.C. Turner. 1976. Crop water deficits. CSIRO Div. of plant industry, Canberra, A.C.T., Australia. pp 161-217.
- 4 - Denmead, O.T., & G.S. Shaw. 1960. The effect of soil moisture stress at different stages of growth on the development and yield of corn. Agron. J. 52: 272-274.
- 5 - Denmead, O.T. 1961. Availability of soil water to plants. Ph.D thesis, Iowa State University. 125p. University Microfilms. Ann Arbor, Mich., Diss. Abstract. 61: 2257.
- 6 - Downey, J.A. 1971. Effect of gypsum and drought stress on maize (Zea. Mays L.). I. Growth, light absorption, and yield. Agron. J. 63: 569-572.
- 7 - Hsiao, T.C. 1973. Plant response to water stress. Ann. Rev. of Plant Physiol. 24: 519-570.
- 8 - Jensen, M.E., & H.R. Haise. 1963. Estimating evaporation from solar radiation. J. of Irrig. Div., Amer. Soc. Civil Engi. 89(IR4): 14-41.
- 9 - Jensen, M.E. 1969. scheduling irrigation using computers. J. soil and water consumption. 24: 193-195.
- 10- Jensen, M.E., J.L. Write, & B.J. Pratt. 1971a. Estimating soil moisture depletion from climate, crop and soil data. Tras. Amer. Soc. Agric. Eng. 14(5): 954-959.
- 11- Ritchie, J.T. 1973. Influence of soil water status and meteorological conditions on evaporation from a corn canopy. Agron. J. 65: 893-897.
- 12- Robins, J.S., & C.E. Domingo. 1953. Some effects of severe soil moisture deficits at specific growth stages in corn. Agron. J. 45: 618-621.
- 13- Stegman, E.C., & J.D. Valer. 1972. Irrigation scheduling by computational methods: crop data and evaluation in North Dakota, North Dakota Agric. Exp Sta. Res. No. 41.

The Effect of Soil Water Defecit on Corn Grain Yiels and  
Determination of its Production Function.

M. AFLATOONI

Assistant Professor , Department of Irrigation, College of Agriculture,  
Isfahan University of Technology, Isfahan.

Received for Publication, August 2, 1989.

**SUMMARY**

To study the grain corn response to deficient water in soil, an experiment was conducted on a sandy loam soil near Oakes, North Dakota, in 1977. A total of eight different water management treatments with three replications were selected. These treatments were designed to permit mild, moderate and severe stress development in each of the vegetative, pollination and grain filling stages of corn growth period.

Data included daily measurement of weather parameters, measurement and computations of soil water defecits in the root zone on a weekly basis, determination of corn evapotranspiration coeficient in the growth period, estimates of irrigation water based on the soil water defecit, and measurement of the final grain yield.

Relationships were developed for relative grain yield ( $Y/Y_m$ ) versus the relative  $ET(ET/ET_m)$  in 12 leaves to blister kernel stage and also versus the seasonal  $ET/ET_m$  ratio. In conclusion it was found that:

- 1- A 10% ET defecit in planting to 12 leaves satge decreased the final grain yield only by 6%; whereas in 12 leaves to blister kernel stage, a 27% grain yield reduction was caused by the same amount of ET defecit.
- 2- Treatment T5, i.e. allowing 80 to 90% soil water defecit in vegetative stage, was, among other treatments, the most efficient irrigation water management with the grain yield to unit irrigation water ratio ( $Y/IRR$ ) equal to 3.43 Kg/m<sup>3</sup>.
- 3- According to the production function obtained in this study, 1.6% reduction in the final grain yield was observed per 1% ET defecit in vegetative stage; whereas, this ET defecit occurrence in 12 leaves to blister kernel stage caused 3% grain yield reduction.



## اثر کمبود آب روی عملکرد دانه ذرت و تعیین تابع تولید آن

محمد افلاطونی

استادیار گروه آبیاری دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان

تاریخ وصول یازدهم مردادماه ۱۳۶۸

### چکیده

به منظور بررسی واکنش ذرت دانه‌ای در برابر کمبود آب در خاک، در سال ۱۹۷۷ آزمایشی روی یک خاک شنی - لومی در منطقه اوکس<sup>۱</sup>، ایالت داکوتای شمالی آمریکا انجام شد. در این آزمایش ۸ تیمار آبیاری در سه تکرار یکبار رفت. در این تیمارها بطور کلی تنش‌های ملایم، متوسط و شدید در مراحل مختلف رویشی، زایشی و دانه بندی اعمال گردید و عملکرد نهائی دانه اندازه گیری شد. به منظور محاسبه کمبود رطوبت ناحیه ریشه، پارامترهای آب و هوایی و ضریب گیاهی ذرت در تمام فصل رشد مورد استفاده قرار گرفت.

رابطه عملکرد نسبی و تبخیر و تعرق نسبی (تابع تولید) در مرحله ۱۲ برگ تا دانه بندی و در کل فصل رشد بدست آمد. بطور خلاصه در این آزمایش نتایج زیر حاصل گردید:

الف - ۱۰ درصد کاهش تبخیر و تعرق واقعی در دوره کاشت تا ۱۲ برگ فقط ۶ درصد عملکرد نهائی را کاهش داد در حالیکه همین مقدار کاهش در تبخیر و تعرق واقعی در مرحله ۱۲ برگ تا دانه بندی باعث ۲۷ درصد کاهش در عملکرد نهائی شد.

ب - کمبود رطوبت معادل ۸۰ تا ۹۰ درصد (تیمار  $T_5$ )، در دوره رویشی نسبت به مراحل دیگر هر بازده تریپلن (۳/۴۳ کیلوگرم بر متر مکعب آب) تیمار آبیاری بود.

ج - با توجه به تابع تولید بدست آمده، بازاء یک درصد کاهش تبخیر و تعرق واقعی در دوره رویشی، ۱/۶ درصد کاهش عملکرد مشاهده شد. در حالیکه همین مقدار کاهش در تبخیر و تعرق واقعی در دوره ۱۲ برگ تا دانه بندی، ۳ درصد کاهش عملکرد نهائی به دنبال داشت.

### مقدمه

برای دست یابی به بازده اقتصادی بیشتر، کشاورزان با روشهای مختلف می‌توانند با سیر صعودی هزینه‌های انرژی مقابله کنند. یکی از این روشها بهبود برنامه ریزی<sup>۲</sup> و مدیریت آبیاری می‌باشد که در آن استفاده از تکنیک‌های پیشرفته مدنظر است. در این

افزایش ناگهانی هزینه انرژی موجب افزایش روزافزون هزینه تامین آب در کشت آبی مناطق خشک و نیمه خشک خواهد شد. این نکته بخصوص در رابطه با سیستمهای آبیاری پایه مرکزی<sup>۳</sup> اهمیت بیشتری دارد.

رابطه معیارهای مختلفی برای تعیین زمان آبیاری ارائه شده است ولی هنوز بهبود این معیارها لازم به نظر می‌رسد. ایجاد تنش در مرحله‌ای از رشد گیاه بدون کاهش زیاد عملکرد از نقطه نظر صرفه جوئی در آب آبیاری برای مناطق خشک و نیمه خشک مورد توجه عده‌ای از محققین بوده است (۱، ۴ و ۱۴).

منابع علمی مربوط به اثر کمبود آب روی رشد گیاهان از نقطه نظر فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی بسیار غنی است (۷). در رابطه با عملکرد ذرت دانسه‌ای، محققین مختلف متفق القول هستند که دوره گرده‌افشانی حساسترین مرحله نسبت به کمبود آب می‌باشد (۲، ۴، ۶، ۱۲ و ۱۴). در شرایط لایسیمتر کمبود رطوبت در دوره گلدهی ذرت دانسه‌ای، حدود ۵۱ درصد عملکرد در کاهش داده‌است، در حالیکه در اوائل دوره رشد فقط ۲۵ درصد کاهش عملکرد داشته‌است (۴). همچنین تاخیر آبیاری به مدت ۲۰ روز در دوره دانه بندی حدود ۴۷ درصد کاهش محصول در برداشته در حالیکه همیـن تاخیر در دوره رویشی کاهش عملکرد نهائی به دنبال نداشت (۶). البته واریته‌های مختلف ذرت در مرحله معینی از رشد که در معرض کمبود آب قرار می‌گیرند، ممکن است کاهش عملکرد مختلفی داشته باشند (۲). برای برنامه ریزی بهتر در جهت صرفه جوئی در آب آبیاری می‌توان از مفهوم تابع تولید<sup>۱</sup> که عملکرد نسبی را به تبخیر و تعرق نسبی ارتباط می‌دهد استفاده کرد<sup>۲</sup>. این تابع را می‌توان به عنوان معیاری در زمان بندی آبیاری با در نظر گرفتن کاهش قابل تحمل عملکرد نهائی

بکار گرفت. در واقع تابع تولید بستگی به واریته، نوع خاک، زمان کاشت، تراکم گیاه، فاصله ردیفها، حاصلخیزی خاک و عملیات زراعی مختلف دارد (۱۵). این تابع برای چند گیاه از جمله ذرت خوشه‌ای و یونجه ارائه شده‌است که نمودارهای حاصله برای گیاهان مذکور از خطی تا غیرخطی متغیر می‌باشد (۱۵).

هدف از این آزمایش تعیین واکنش عملکرد ذرت دانسه‌ای نسبت به کمبود آب در مراحل عمده رشد و تعیین تابع تولید این گیاه به منظور برنامه ریزی بهتر آبیاری می‌باشد.

### مواد و روشها

آزمایش در منطقه‌ای در ایالت داکوتای شمالی با عرض جغرافیائی ۳۰ درجه و طول جغرافیائی ۵۷ درجه انجام گرفت. فصل کشت و کار در این منطقه حدود ۴ ماه از سال می‌باشد که بطور متوسط میزان بارندگی برای چهار ماه حدود ۱۵۰ میلیمتر و متوسط درجه حرارت حدود ۳۲ درجه سانتیگراد می‌باشد. رطوبت نسبی بطور متوسط ۷۵ درصد که بطور کلی این منطقه از نظر اقلیمی جزء مناطق نیمه خشک محسوب می‌شود. خاک مزرعه از نوع شنی لومی و آزمایش در قالب طرح بلوکهای تصادفی با هشت تیمار آبیاری ( $T_1$  تا  $T_8$ ) و ۳ تکرار صورت گرفت. واریته ذرت مورد استفاده در این آزمایش سوکوتا<sup>۳</sup> بود که در تاریخ چهارم ماه مه کاشته شد. ابعاد هر پلات ۱۲ × ۶ متر مربع و شامل ۸ ردیف به فاصله ۷۶/۲ سانتیمتر بود. فاصله بین پلاتها حدود

#### 1- Production Function

۲- منظور از عملکرد نسبی  $Y/Y_m$ ، عملکرد واقعی نسبت به عملکرد ماکزیمم است. همچنین تبخیر و تعرق نسبی، عبارتست از تبخیر و تعرق ماکزیمم. عملکرد ماکزیمم برای تبخیر و تعرق ماکزیمم در نظر گرفته می‌شود.

#### 3- Sokota 42-TC



يك متر بود که كاملاً " متراکم گردید تا از نفوذ جانبی آب جلوگیری کند. برای اندازه گیری رطوبت خاک از دستگاه نوترون متر استفاده شد که بدین منظور يك لوله پلاستیکی به عمق ۱۲۲ سانتیمتر و به قطر ۵ سانتیمتر در وسط هرپلات نصب شد. رطوبت خاک در عمق ۱۵ سانتیمتری و پس از آن به ترتیب در عمقهای ۳۰ سانتیمتری تا عمق ۱۲۲ سانتیمتر قبل و بعد از آبیاری اندازه گیری شد. ظرفیت زراعی ۴۸ ساعت بعد از يك آبیاری کافی قبلاً بدست آمده بود. عمق آب قابل استفاده (برابر ۱۱/۲ سانتیمتر تا عمق ۱۲۲ سانتیمتری) از رابطه زیر محاسبه شد.

$$SWD_0 = \sum_{i=1}^n (\theta_{fc} - \theta_{wp})_i H_i \quad (1)$$

که در آن n تعداد لایه های خاک به عمق H،  $\theta_{fc}$  و  $\theta_{wp}$  به ترتیب درصد حجمی رطوبت در نقطه ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم می باشد. محاسبه کمبود رطوبت خاک SWD از روی بیلان رطوبتی ناحیه ریشه و با کمک مدل کامپیوتری جنسن<sup>۱</sup> (۹) و برنامه ریزی آبیاری بر اساس مدل کامپیوتری استگمن و همکاران (۱۳) انجام شد. بطور خلاصه SWD از رابطه زیر محاسبه شد:

$$SWD = \sum_{i=1}^N (ET - RE - I + WD)_i \quad (2)$$

که در آن ET، تبخیر و تعرق واقعی (۹)، RE باران موثر، I عمق آب آبیاری و WD عمق آب زهکشی از کف ناحیه ریشه یا عمق آب موئینه ای، N تعداد روز پس از آبیاری می باشد. چون سطح ایستابی بسیار عمیق و مقدار آب آبیاری تا حدی که ناحیه ریشه به ظرفیت زراعی برسد، محاسبه شد، WD برابر صفر فرض شد. مقدار آب آبیاری با کمک نسبت  $SWD/E$  محاسبه شد که در آن E راندمان آبیاری به صورت بارانی روی هرپلات با کمک يك دستگاه الکتریکی متحرک که به همین منظور ساخته شده بود

(۱) انجام شده راندمان آبیاری برابر ۹۵ درصد بود. فصل رشد ذرت به سه مرحله عمده شامل کاشت تا ۱۲ برگی (۱۲L - P)، ۱۲ برگی تا دانه بندی (۱۲L - BK) و دانه بندی تا رسیدگی فیزیولوژیکی (BK - PM) تقسیم شد. تنش های ملایم، متوسط و شدید در فصل رشد ذرت در مراحل مختلف رشد طبق شکل توزیع شد. برای مثال در تیمار  $T_p$ ، وقتی که کمبود رطوبت به ۸۰ تا ۹۰ درصد (معادل پتانسیل آب برگ برابر ۱۶- تا ۱۸- بار) می رسید آبیاری انجام می شد و بقیه مراحل مطابق تیمار شاهد (یعنی ۳۰ درصد تخلیه کل) بود. پتانسیل آب برگ بوسیله دستگاه بمب فشاری اندازه گیری شد. در تیمار  $T_p$ ، وقتی که فشار آوندهای برگ به ۱۲- تا ۱۴- بار می رسید آبیاری به عمل می آمد. این تیمار معادل ۵۰ تا ۶۵ درصد تخلیه می باشد. حواشی مزرعه به عنوان بافر در نظر گرفته شد. برای کنترل علف هرز قبل از کشت از علف کش بلادوکس و لاسو<sup>۲</sup> استفاده شد و در طول فصل رشد علفهای هرز با دست وجین شدند. گیاهان پس از استقرار تا تراکم ۶۱۷۵۰ بوته در هکتار تنک شدند. کودهای شیمیائی مصرف شده شامل ۳۳۸ کیلوگرم در هکتار کود نیترات آمونیم، ۱۱۱ کیلوگرم در هکتار کود فسفر و ۱۲۲ کیلوگرم در هکتار کود پتاس بود. از کود نیترات آمونیم، مقدار ۱۷۷ کیلوگرم در هکتار به صورت سرك و ۱۶۱ کیلوگرم در هکتار در دوم ژوئن (دوره شش برگی) به خاک اضافه شد.

برای اندازه گیری عملکرد نهائی، از دو ردیف میانی هرپلات به طول ۹ متر استفاده شد. ضریب گیاهی از منحنی مربوط به ذرت که برای منطقه قبلاً بدست آمده بود (۱) در محاسبه تبخیر و تعرق واقعی ET استفاده شد. تبخیر و تعرق واقعی نیز بر اساس روش جنسن و

همکاران (۱۰) و تبخیر و تعرق بالقوه  $ET_m$  بسا روش جنسن و هیز (۸) محاسبه شد.

بطور متوسط ۳/۴۳ سانتیمتر کمبود آب (معادل ۳۰ درصد کل کمبود) را نشان می‌دهد. شکل ۳ نشان می‌دهد که کمبود رطوبت خاک در تیمار  $T_4$  مطابق طرح، بین صفر در مرحله ۱۲ برگی (روز ۵۱) تا تخلیه کامل رطوبت قابل استفاده در مرحله دانه بندی (روز ۸۵) بود. برای برطرف کردن این کمبود روز ۸۷ آبیاری انجام گرفت. بین روزهای ۹۲ و ۱۰۲ دو آبیاری و یک بارندگی، کمبود رطوبت را تقریباً به صفر یعنی نزدیک ظرفیت مزرعه رساند.

جدول ۱ عملکرد نهائی ذرت  $Y$ ، عمق آب آبیاری  $iRR$  و تبخیر و تعرق واقعی در طول فصل رشد  $ET$  را نشان می‌دهد. همچنین در این جدول نسبت  $ET/ET_m$  و  $Y/Y_m$  نشان داده شده است. نسبت عملکرد به حجم آب آبیاری در فصل رشد  $Y/iRR$  به عنوان بازده آب

### نتایج و بحث

محاسبه و اندازه گیری کمبود رطوبت خاک  $SWD$  در طول فصل رشد برای تیمارهای  $T_1$  و  $T_4$  به عنوان نمونه به ترتیب در شکل های ۲ و ۳ نشان داده شده است. همانطور که این شکل ها نشان می‌دهند، هنگام سبز شدن بذور،  $SWD$  اولیه بین ۴ تا ۶ سانتیمتر بود. بطور کلی افزایش  $ET$  باعث افزایش و بارندگی و آبیاری باعث کاهش  $SWD$  گردید، به زبان دیگر نوسانات  $SWD$  نسبت به زمان ناشی از عوامل مذکور است. شکل ۲ نشان می‌دهد که در طول فصل رشد، بجز موارد استثنائی، تیمار  $T_1$

جدول ۱- خلاصه عملکرد نهائی و اطلاعات مربوط به آبیاری ذرت دانه ای در تیمارهای مختلف آبیاری، ایستگاه تحقیقات آبیاری، منطقه اوکس.

تیمار	$iRR$ بیاری cm	فصلی $Et$ m	$ET/ET_m$ **	عملکرد* دانه Kg/Ha	$Y/Y_m$	$Y/iRR$ Kg/m <sup>3</sup>	$Y/iRR+RE$ Kg/m <sup>3</sup>
$T_2$	۸/۹	۳۸/۶	۰/۷۳	۲۰۷۶/۷ d	۰/۱۸	۲/۲۳	۰/۷۵۵
$T_4$	۲۶/۷	۴۶/۵	۰/۸۸	۶۹۵۴/۴ c	۰/۶۰	۲/۶	۱/۵۲
$T_7$	۲۸/۶	۵۰/۵	۰/۹۶	۸۴۹۵/۱ b	۰/۷۴	۲/۹۷	۱/۷۸
$T_5$	۳۱/۱	۵۰/۵	۰/۹۵	۱۰۶۵۹/۶ a	۰/۹۲	۳/۴۳	۲/۱۲
$T_6$	۳۴/۹	۵۲/۶	۱/۰	۱۰۸۶۰/۴ a	۰/۹۴	۳/۱۱	۲/۰۱
$T_3$	۳۶/۸	۵۲/۳	۰/۹۹	۱۰۹۲۹/۴ a	۰/۹۵	۲/۹۷	۱/۹۵
$T_8$	۳۸/۱	۵۱/۳	۰/۹۸	۱۱۰۹۲/۵ a	۰/۹۶	۲/۹۱	۱/۹۴
$T_1$	۴۳/۲	۵۲/۶	۱/۰	۱۱۵۵۶/۷ a	۱/۰	۲/۶۷	۱/۸۵

\* :  $LSD = ۰/۰۵$  برابر ۱۳۷۴ کیلوگرم در هکتار، عملکردهائی که با حروف مشابه نشان داده شده اند در سطح ۵ درصد معنی دار نمی‌باشند.

\*\* : مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل برای فصل رشد برابر ۵۲/۶ سانتیمتر و میزان بارندگی برابر ۱۹ سانتیمتر می‌باشد.



T <sub>1</sub>	۳۰%	۳۰%	۳۰%
T <sub>2</sub>	بدون آبیاری	بدون آبیاری	بدون آبیاری
T <sub>3</sub>	تنش متوسط xP و ۱۲-۱۴ بار	تنش متوسط xP و ۱۲-۱۴ بار	تنش متوسط xP و ۱۲-۱۴ بار
T <sub>4</sub>	۳۰%	۸۰-۹۰% xP و ۱۶-۱۸ بار	۳۰%
T <sub>5</sub>	۸۰-۹۰% xP و ۱۶-۱۸ بار	۳۰%	۳۰%
T <sub>6</sub>	۶۰% xP و ۱۲-۱۴ بار	۳۰%	۳۰%
T <sub>7</sub>	۳۰%	۶۵-۷۵% xP و ۱۴-۱۵ بار	۳۰%
T <sub>8</sub>	۳۰%	۳۰%	۱۰۰% تخلیه نارسیدگی فیزیولوژیکی
P = کاشت E = سبز شدن L = دوازده برگی xP = فشار اوندی		BK = دانه بندی BL = لایه سیاه % = درصد تخلیه آب قابل استفاده	

۱۰ ۲۰ ۳۰ ۴۰ ۵۰ ۶۰ ۷۰ ۸۰ ۹۰ ۱۰۰ ۱۱۰ ۱۲۰ ۱۳۰ ۱۴۰ ۱۵۰

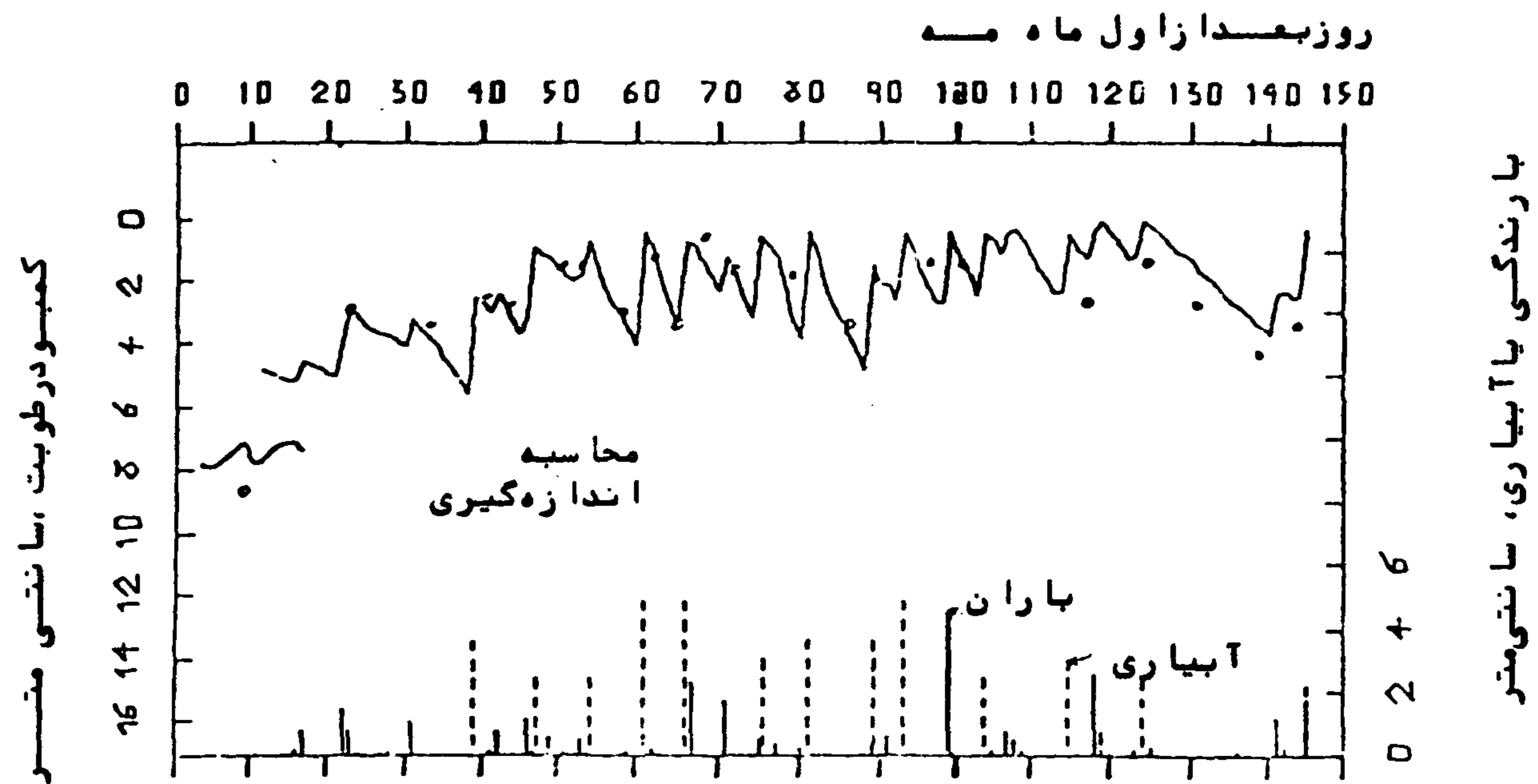
تعداد دروز بعد از کاشت

شکل ۱- تیمارهای آبیاری در مراحل مختلف فصل رشد نرت دانه‌ای در ایستگاه

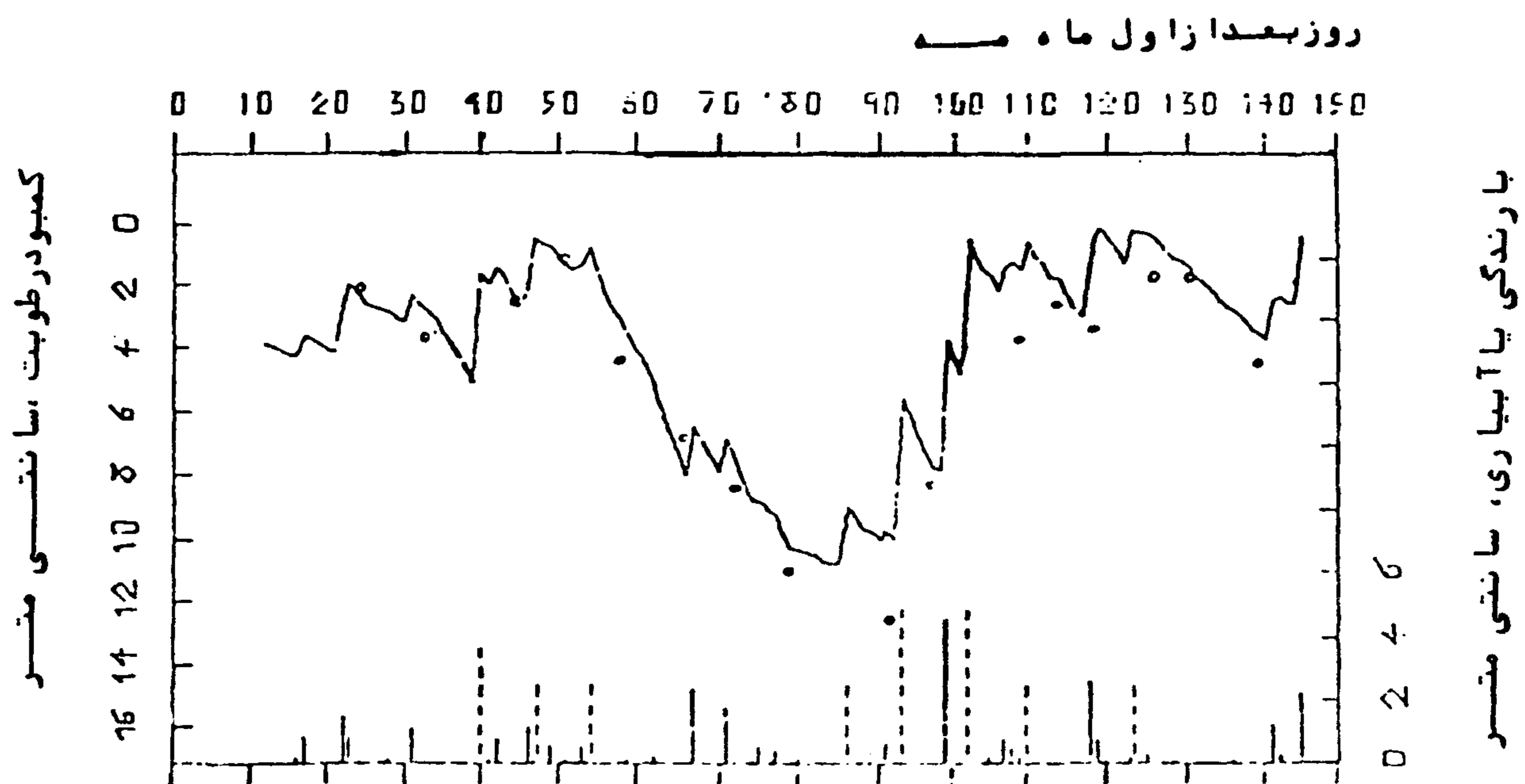
عملکرد نهائی برای تیمارهای T<sub>۲</sub>، T<sub>۴</sub> و T<sub>۷</sub> از نظر آماری نسبت به هم و نسبت به T<sub>۱</sub> تا T<sub>۳</sub> معنی دار می‌باشند. در حالیکه تیمارهای T<sub>۱</sub>، T<sub>۸</sub>، T<sub>۶</sub>، T<sub>۵</sub> و T<sub>۳</sub> با هم اختلاف معنی دار ندارند، ولی روند واکنش عملکرد در تیمارهای مذکور هماهنگی داشت بطوری که مثلاً تیمار T<sub>۶</sub> عملکرد بیشتری نسبت به T<sub>۵</sub> نشان داد. لازم به یادآوری است که تیمار T<sub>۵</sub> نسبت به تیمار T<sub>۶</sub> در مرحله کشت تا دوازده برگی (P-۱۲L) تنش شدیدتری داشت (شکل ۱). همچنین روند تغییرات عملکرد نهائی با مقدار آب آبیاری هماهنگی دارد.

زیاد بودن LSD ممکن است ناشی از تغییرات

مصرفی آبیاری در این جدول نشان داده شده است. عمق آب آبیاری در طول فصل رشد بین ۸/۹ (تیمار T<sub>۲</sub>) تا ۴۳/۲ (تیمار T<sub>۱</sub>) سانتیمتر بود. حداکثر و حداقل عملکرد نهائی به ترتیب برای تیمارهای T<sub>۱</sub> و T<sub>۲</sub> بین ۱۱۵۵۶/۷ و ۲۰۷۶/۶ کیلوگرم در هکتار بود. لازم به تذکر است که تیمار T<sub>۲</sub> که اصطلاحاً "در شکل ۱ بدون آبیاری" تعریف شده بود، در آخر دوره رشد سه بار آبیاری شد تا گیاه از بین نرود. آنالیز واریانس نشان داد که LSD ۰/۰۵ برابر ۱۳۷۴/۵ کیلوگرم در هکتار بود و با توجه به جدول ۱، تیمارهای T<sub>۱</sub>، T<sub>۸</sub>، T<sub>۶</sub>، T<sub>۵</sub> و T<sub>۲</sub> از نقطه نظر آماری نسبت به هم معنی دار نمی‌باشند.



شکل ۲- اندازه گیری و محاسبه تغییرات فصلی کمبود رطوبت در ناحیه ریشه برای تیمار  $T_1$  • ایستگاه تحقیقاتی آبیاری، منطقه اوکس.

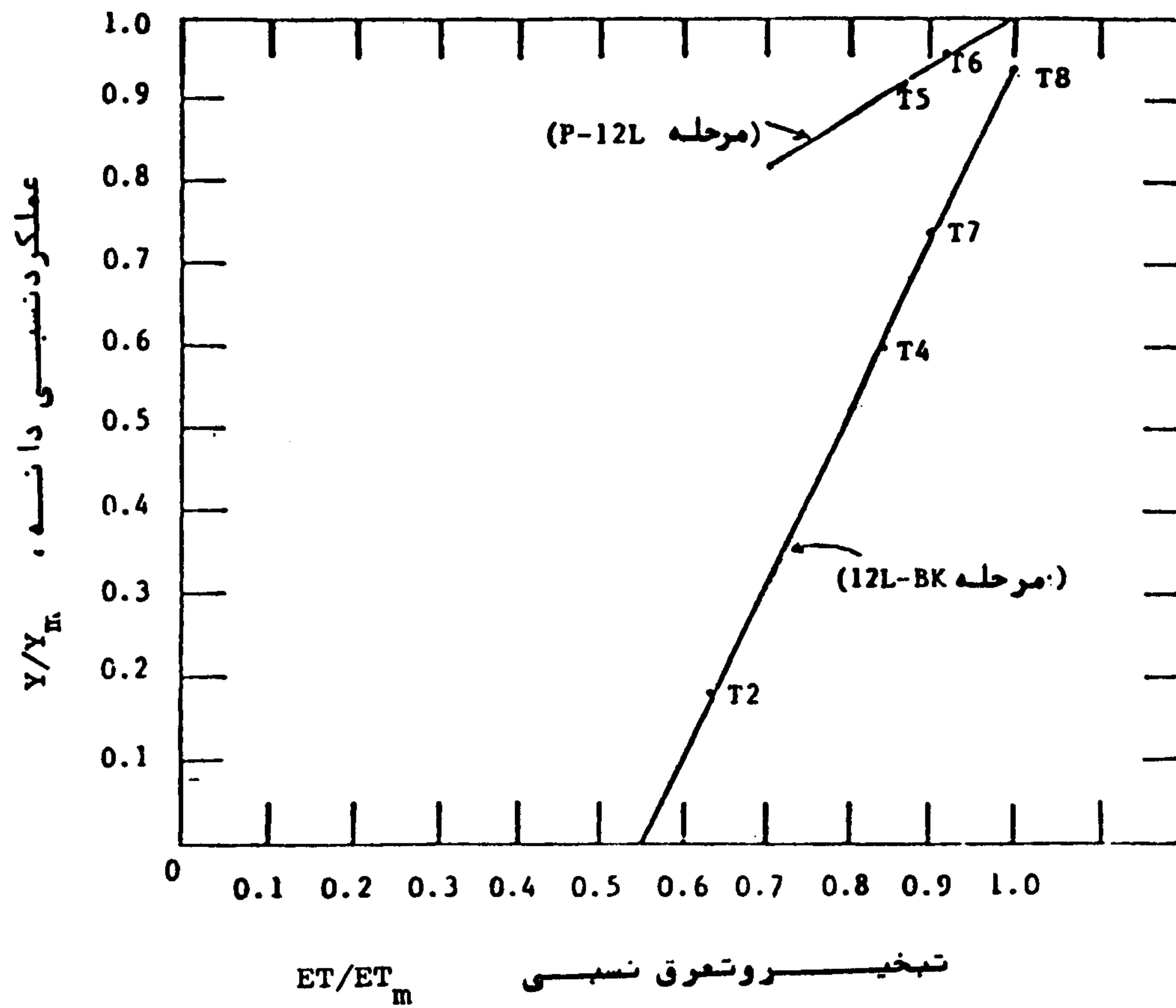


شکل ۳- اندازه گیری و محاسبه تغییرات فصلی کمبود رطوبت در ناحیه ریشه برای تیمار  $T_4$  • ایستگاه تحقیقاتی آبیاری، منطقه اوکس.

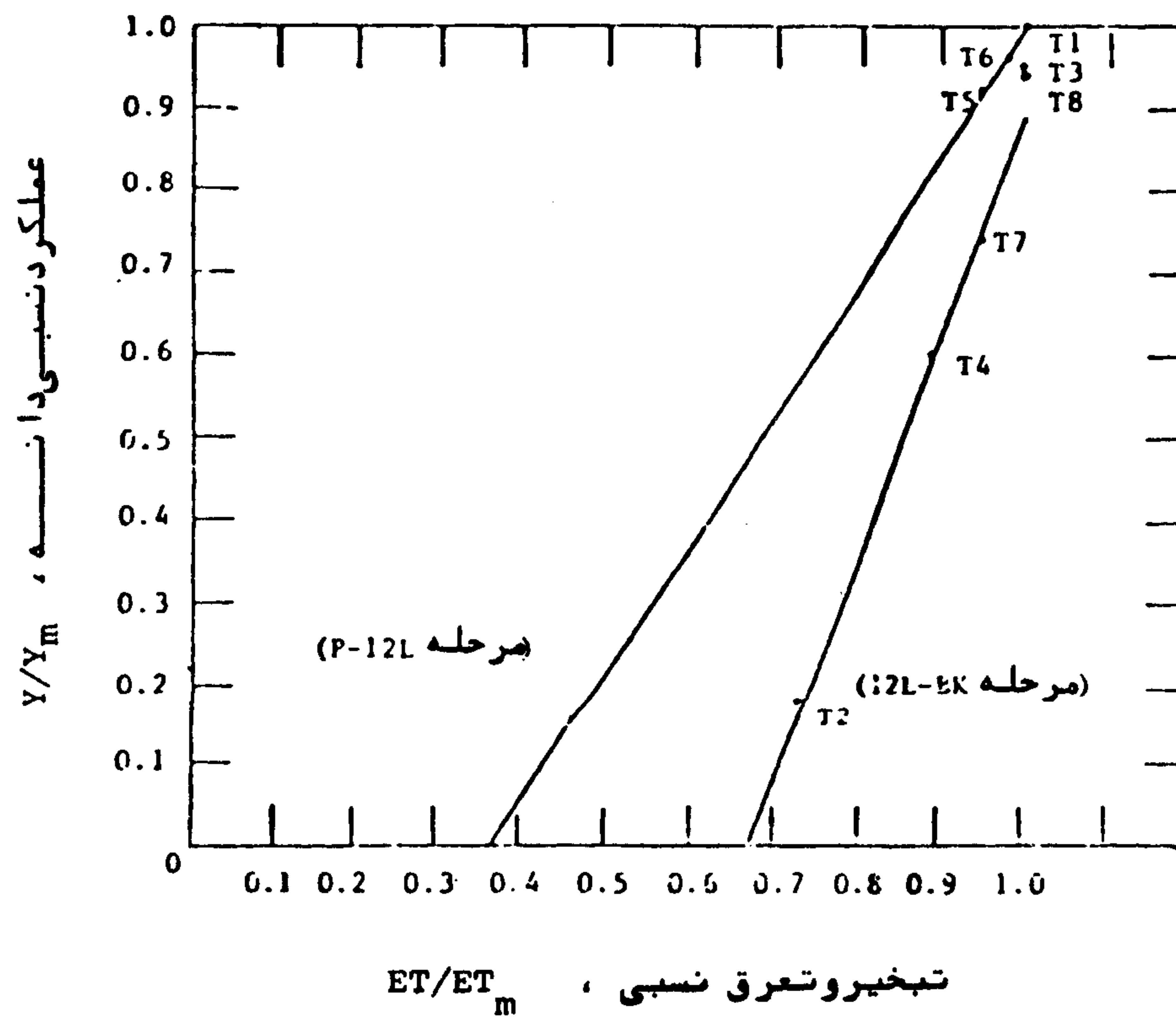
که از تیمار  $T_5$  بدست آمد •  
 رابطه بین عملکرد نسبی دانه ذرت و تبخیر و تعرق  
 نسبی در مراحل مختلف دوره رشد در تمام دوره رشد به-  
 ترتیب در شکل های ۴ و ۵ به عنوان توابع تولید نشان  
 داده شده است • شکل ۴ نشان می دهد که  $Y/Y_m$  برای  
 تیمارهای  $T_1$ ،  $T_5$  و  $T_6$  نسبت به  $ET/ET_m$  در مرحله  
 کشت تا ۱۲ برگی (P-۱۲L) به ترتیب روی یک خط  
 مستقیم قرار می گیرند • همچنین تیمارهای  $T_3$ ،  $T_4$ ،  
 $T_7$  و  $T_8$  برای مرحله ۱۲ برگی تا تشکیل دانه

گنجایش رطوبتی خاک در مزرعه باشد (۱) و احتمال  
 می رود که طرح تصادفی کاملاً این تغییرات را جبران  
 نکرده است • در بعضی از پلات های مزرعه قبل از اینکه  
 تنش داده شود، تغییرات رشد در اوائل، دوره رویش  
 مشاهده شده بود • گرچه هنگام استقرار دقت کافی به-  
 عمل آمد تا گیاه تنک گردد، ولی هنگام برداشت، تراکم  
 ذرت تغییرات بیشتری نسبت به آنچه که انتظار می رفت  
 داشت • از نقطه نظر بازده آب مصرفی، حداکثر نسبت  
 $Y/iRR$  برابر ۳/۴۳ کیلوگرم بر متر مکعب آب بود





شکل ۴- رابطه بین عملکرد نسبی دانه ذرت و تبخیر و تعرق نسبی در مراحل مختلف دوره رشد در ایستگاه تحقیقات آبیاری منطقه اوکس.



شکل ۵- رابطه بین عملکرد نسبی دانه ذرت و تبخیر و تعرق نسبی در تمام دوره رشد در ایستگاه تحقیقات آبیاری منطقه اوکس.

تعرق در اوائل مرحله رویشی (P - ۱۲L) ممکن است فقط ۶ درصد عملکرد را کاهش دهد در حالی که همین مقدار کمبود ET در مرحله ۱۲ برگی تا دانه بندی (۱۲ L - BK) ممکن است عملکرد را ۲۷ درصد کاهش دهد. همچنین ۲۰ درصد کاهش تبخیر در مرحله

(BK - ۱۲ L) روی خط مستقیم دیگری که دارای شیب بیشتری است قرار می‌گیرد. تبخیر و تعرق نسبی برای تیمار  $T_8$  در مرحله BK - PM برابر واحد بود که محل رسم آن روی خط دوم قرار می‌گیرد. بطور خلاصه این شکل نشان می‌دهد که مثلاً "۱۰ درصد کمبود تبخیر و

BK - ۱۲L ممکن است تقریباً ۵۰ درصد کاهش عملکرد به دنبال داشته باشد. جالب توجه اینکه تابع تولید برای مرحله BK-۱۲L گویای این حقیقت است که کاهش عملکرد به اندازه ۶ درصد بدون کاهش تبخیر و تعرق امکان پذیر است. تحقیقات دیگران نشان داده است که سرعت رشد گیاه قبل از کاهش تبخیر و تعرق واقعی در شرایط مساوی می تواند کاهش پیدا کند (۳، ۷ و ۱۱). طبق گزارش ریچی<sup>۱</sup> (۱۱) وقتی که رطوبت "قابل جذب"<sup>۲</sup> باقیمانده بیشتر از ۳۰٪ گردد، نسبت  $ET/ET_m$  تقریباً برابر واحد است. طبق همین گزارش اگر رطوبت "قابل جذب" کمتر از ۳۰ درصد باشد، تبخیر و تعرق واقعی شروع به کاهش می کند. همچنین قبل از اینکه کمبود رطوبت نزدیک ۳۰ درصد رطوبت قابل جذب برسد، فتوسنتز نسبی معمولاً کاهش نشان می دهد. در شکل ۴ اگر خط مستقیم مربوط به ۱۲L - P را امتداد دهیم محور  $Y/Y_m$  را در نقطه ۰/۴ قطع می کند که بدین ترتیب ۱۰۰ درصد کمبود ET در این مرحله رشد فقط ۶۰ درصد محصول را کاهش می دهد. در این شکل ET نسبی برای مراحل مختلف دوره رشد محاسبه گردیده است. شکل ۵ مشابه شکل ۴ می باشد، با این تفاوت که تبخیر و تعرق نسبی برای تمام دوره رشد ذرت محاسبه شده است. در شکل ۵، دو خط مستقیم برای تابع تولید بدست می آید. خط مستقیم با شیب کمتر (برای تیمارهای  $T_5, T_6, T_7$ ) محور  $ET/ET_m$  را در نقطه ۰/۲۷ قطع می کند که نماینده ۱/۶٪ کاهش عملکرد بازا، یک درصد کاهش تبخیر و تعرق است. این مقدار با ۱/۴۵٪

که توسط استوارت<sup>۳</sup> و همکاران (۱۴) گزارش شده قابل مقایسه است. خطی که تیمارهای  $T_3, T_4, T_7$  را بهم وصل میکند. محور  $ET/ET_m$  را در نقطه ۰/۶۷ قطع می کند که نماینده ۳ درصد کاهش عملکرد بازا، یک درصد کاهش ET می باشد. استوارت و همکاران (۱۴) در مرحله ۱۲ برگی تا دانه بندی مقدار ۰/۲۹٪ را گزارش نموده اند. در شکل ۵ نیز، در مرحله BK-۱۲L بدون اینکه ET داشته باشد، حدود ۱۰ درصد کاهش عملکرد مشاهده می گردد که این پدیده برای شکل ۴ توضیح داده شد.

البته کمبود تبخیر و تعرق از گیاه را می توان به کمبود رطوبت در خاک ارتباط داد (۵) و در طرح های آبیاری با در نظر گرفتن کمبود آب خاک، کمبود تبخیر و تعرق<sup>۴</sup> را محاسبه سپس با کمک تابع تولید میزان کاهش عملکرد را که احتمالاً برای مرحله معینی از رشد قابل تحمل است انتخاب کرد. بدین ترتیب در مناطقی خشک و نیمه خشک عملاً تابع تولید راهنمای مناسبی برای صرفه جویی در آب آبیاری می باشد. به عنوان مثال اگر بخواهیم تولید عملکرد ذرت حدود ۲۰ درصد عملکرد ماکزیمم کاهش داشته باشد، از نمودار تابع تولید، تبخیر و تعرق نسبی را محاسبه کرده و با کمک رابطه بین ET و کمبود رطوبت در خاک مقدار لازم آب آبیاری را می توان تعیین کرد. البته این مقدار آب آبیاری باید در مرحله ای از رشد گیاه داده شود که اساس محاسبه بوده است.

## REFERENCES:

- 1- Aflatouni, M. 1978. Corn response to water stress. M.S. thesis, North Dakota State Univ. 82p.



- 2- Barnes, D.L., & D.G. Wooloy. 1969. Effect of moisture stress at different stages of growth. I. Comparison of a single-eared and a two-eared corn hybrid. Iowa Agric. and Home Econom Exp. Sta. Journal Papers, No. J6140, Amer. Project. No. 1608.
- 3- Begg, J.E., & N.C. Turner. 1976. Crop water deficits. CSIRO Div. of plant industry, Canberra, A.C.T., Australia. pp 161-217.
- 4 - Denmead, O.T., & G.S. Shaw. 1960. The effect of soil moisture stress at different stages of growth on the development and yield of corn. Agron. J. 52: 272-274.
- 5 - Denmead, O.T. 1961. Availability of soil water to plants. Ph.D thesis, Iowa State University. 125p. University Microfilms. Ann Arbor, Mich., Diss. Abstract. 61: 2257.
- 6 - Downey, J.A. 1971. Effect of gypsum and drought stress on maize (Zea. Mays L.). I. Growth, light absorption, and yield. Agron. J. 63: 569-572.
- 7 - Hsiao, T.C. 1973. Plant response to water stress. Ann. Rev. of Plant Physiol. 24: 519-570.
- 8 - Jensen, M.E., & H.R. Haise. 1963. Estimating evaporation from solar radiation. J. of Irrig. Div., Amer. Soc. Civil Engi. 89(IR4): 14-41.
- 9 - Jensen, M.E. 1969. scheduling irrigation using computers. J. soil and water consumption. 24: 193-195.
- 10- Jensen, M.E., J.L. Write, & B.J. Pratt. 1971a. Estimating soil moisture depletion from climate, crop and soil data. Trans. Amer. Soc. Agric. Eng. 14(5): 954-959.
- 11- Ritchie, J.T. 1973. Influence of soil water status and meteorological conditions on evaporation from a corn canopy. Agron. J. 65: 893-897.
- 12- Robins, J.S., & C.E. Domingo. 1953. Some effects of severe soil moisture deficits at specific growth stages in corn. Agron. J. 45: 618-621.
- 13- Stegman, E.C., & J.D. Valer. 1972. Irrigation scheduling by computational methods: crop data and evaluation in North Dakota, North Dakota Agric. Exp Sta. Res. No. 41.

The Effect of Soil Water Defecit on Corn Grain Yiels and  
Determination of its Production Function.

M. AFLATOONI

Assistant Professor , Department of Irrigation, College of Agriculture,  
Isfahan University of Technology, Isfahan.

Received for Publication, August 2, 1989.

**SUMMARY**

To study the grain corn response to deficient water in soil, an experiment was conducted on a sandy loam soil near Oakes, North Dakota, in 1977. A total of eight different water management treatments with three replications were selected. These treatments were designed to permit mild, moderate and severe stress development in each of the vegetative, pollination and grain filling stages of corn growth period.

Data included daily measurement of weather parameters, measurement and computations of soil water defecits in the root zone on a weekly basis, determination of corn evapotranspiration coeficient in the growth period, estimates of irrigation water based on the soil water defecit, and measurement of the final grain yield.

Relationships were developed for relative grain yield ( $Y/Y_m$ ) versus the relative  $ET(ET/ET_m)$  in 12 leaves to blister kernel stage and also versus the seasonal  $ET/ET_m$  ratio. In conclusion it was found that:

- 1- A 10% ET defecit in planting to 12 leaves satge decreased the final grain yield only by 6%; whereas in 12 leaves to blister kernel stage, a 27% grain yield reduction was caused by the same amount of ET defecit.
- 2- Treatment T5, i.e. allowing 80 to 90% soil water defecit in vegetative stage, was, among other treatments, the most efficient irrigation water management with the grain yield to unit irrigation water ratio ( $Y/IRR$ ) equal to 3.43 Kg/m<sup>3</sup>.
- 3- According to the production function obtained in this study, 1.6% reduction in the final grain yield was observed per 1% ET defecit in vegetative stage; whereas, this ET defecit occurrence in 12 leaves to blister kernel stage caused 3% grain yield reduction.